

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ СВС-ПОРОШКИ "СИЛИЦИД ТИТАНА – ТИТАН"

*М.Г. Криницын<sup>1,2</sup>, Г.О. Данковцев<sup>1</sup>*

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Е.Н. Коростелева

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: mr.dankovtseff@yandex.ru

На сегодняшний день композиционные порошковые материалы всё чаще используются в промышленности, приходя на замену дорогим сплавам, поскольку, при значительно более низкой цене, материалы на основе композиционных порошков обладают уникальным сочетанием твердости, прочности, пластичности и износостойкости при абразивном износе и в контактных парах.

Одно из применений порошковых материалов, актуальное на сегодняшний день – аддитивные технологии. Основу существующих на сегодняшний день порошков для аддитивных технологий составляют порошки чистых металлов и простых сплавов, а порошков, позволяющих «печатать» композиционные изделия катастрофически мало.

Целью данной работы было получить и исследовать композиционный порошок системы Ti-Si. Объемные материалы данной системы характеризуются более высокими значениями механических и теплофизических свойств по сравнению с чистым титаном, обладают стойкостью к окислению при высоких температурах, благодаря чему применяются в качестве защитных покрытий нагревательных элементов и теплоотводов. В данной работе получены и исследованы композиционные порошки состава  $Ti_5Si_3 + Ti$ , с варьированием содержания титановой связки.

Порошки были исследованы на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН на металлографическом микроскопе (AXIOVERT-200MAT) и микротвердомере (DURAMIN 500).

Порошки были получены путем поджога смеси порошков Ti и Si. Расчет шихты рассчитывался с учетом получения после протекания реакции силицида титана  $Ti_5Si_3$  и избыточного титана. Порошки предварительно смешивали в смесителе типа "пьяная бочка" в течение 4 часов, после чего прессовали в цилиндрический штаб высотой 100 мм и диаметром 40 мм. Поджог производился путем пропускания большого тока в течение двух секунд через молибденовую спираль.

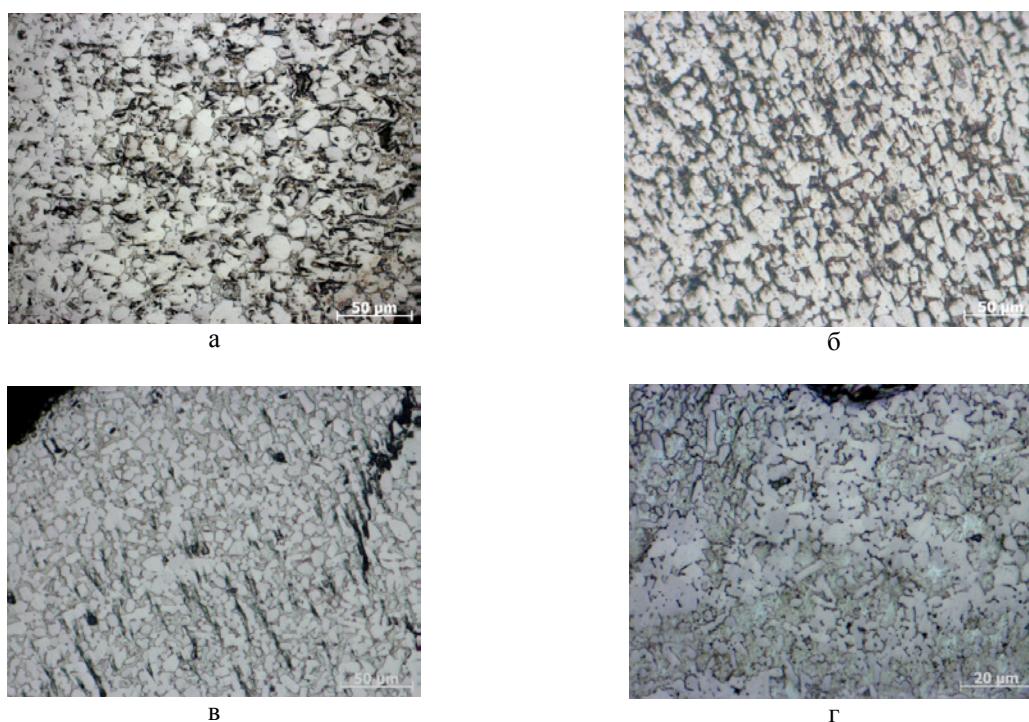


Рис. 1. Микрофотографии шлифов полученных порошков  $Ti_5Si_3 + x \text{ об.} \% Ti$ , где x: а – 10, б – 20, в – 30, г – 40

При сгорании порошка волна горения распространялась тем медленнее, чем больше инертной связки было в порошке. Это объясняется тем, что избыточное содержание титана уменьшает количество областей протекания экзотермической реакции соединения титана и кремния, что приводит к снижению максимальной температуры фронта горения и снижает тем самым скорость сгорания.

Полученные спеки были раздроблены на порошок различной фракции. В среднем размер полученных после размола частиц композиционного порошка составил от 50 до 350 мкм. При размоле наблюдается следующая тенденция: с увеличением содержания связки размалывать порошок становится труднее, что приводит к формированию по большому формированию более крупной фракции. Для уравнивания фракционного состава, при размоле спеков из порошка с большим содержанием связки, время размола выбиралось значительно больше, чем при размоле порошков с меньшим содержанием связки.

Для металлографического анализа были выбраны порошки фракционного состава от 65 до 125 мкм, поскольку порошки именно такой фракции наиболее применимы в практике при изготовлении изделий либо нанесении покрытий. Порошки нужной фракции были отсеяны с помощью системы сит и залиты эпоксидной смолой. Микрофотографии наблюдаемой структуры приведены на рисунке 1.

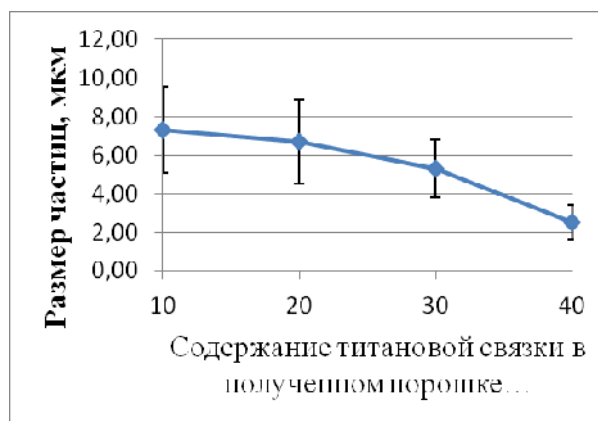


Рис. 2. Средний размер силицидных частиц в порошке  $Ti_5Si_3 + x$  об.% Ti

По данным микрофотографиям был измерен средний размер силицидных частиц в порошке. График изменения среднего размера частиц с увеличением содержания титановой связки приведен на рисунке 2.

Исходя из полученных данных можно сказать, что в среднем размер частиц монотонно уменьшается с увеличением содержания связки (от 7 мкм в наплавках с 10 об.% Ti до 3 мкм в наплавках с 40 об.% Ti), также уменьшается и разброс в значениях размера частиц.

По полученным данным о синтезированных композиционных порошках можно сделать вывод о том, что изменяя содержание инертной связки можно в широком интервале изменять морфологию и структуру получаемых порошков, а значит и свойства получаемых из этих порошков изделий.